

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Měření dopadové rychlosti testovacích rámů

Measuring the Impact Speed of Test Frames

Student:	Václav Makový
Vedoucí bakalářské práce:	prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Václav Makový**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3902R001 Aplikovaná informatika a řízení
Téma: **Měření dopadové rychlosti testovacích rámců.
Measuring the Impact Speed of Test Frames.**

Zásady pro vypracování:

1. Popište metody měření dopadové rychlosti a algoritmy vyhodnocování záznamu signálů ze snímačů.
2. Navrhněte systém měření dopadové rychlosti včetně automatického zpracování naměřených dat.
3. Zhodnoťte přesnost měření a proveďte ověřovací zkoušky.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a použitelnost systému v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

Tůma, J. *Diagnostika strojů*. 1. vyd. Ostrava : Skripta VŠB - TU Ostrava, 2009. 138 s. ISBN 978-80-248-2116-0.
Ripka, P. - Ďaďo, S. - Kreidl, M. - Novák, J. *Senzory a převodníky*. 1. vyd. Praha: ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2005. 135 s. ISBN 80-01-03123-3.
Ďaďo, S. - Vedral, J. *Číslicové měření. Přístroje a metody*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002. 232 s. ISBN 80-01-02492-X.
Kreidl, M. - Šmíd, R. *Technická diagnostika*. Praha : BEN, 2006. ISBN 80-7300-158-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

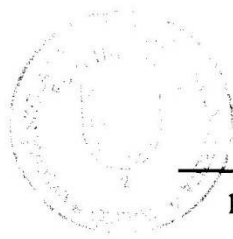
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce odle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Václav Makový

Adresa trvalého pobytu autora práce: Jiráskova, 567
Frýdek-Místek
738 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MAKOVÝ, V. *Měření dopadové rychlosti testovacích rámců: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2012, 46 s. Vedoucí práce: Tůma, J.

V této bakalářské práci je vypracován návrh měřicího zařízení pro měření dopadové rychlosti testovacích rámců. Zařízení je navrženo pro firmu BROSE z Kopřivnice, která téma zadala. Samotná konstrukce vychází z požadavků firmy. Práce se zabývá výběrem jednotlivých prvků, jejich zapojením a otestováním. Dále je zde navržen algoritmus vyhodnocující změřenou rychlost.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MAKOVÝ, V. *Measuring the impact speed of test frames.: bachelor thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, The Department of Control Systems and Instrumentation, 2012, 46 p. Thesis head: Tůma, J.

The bachelor thesis deals with a draft of the measuring device for measuring the impact speed of test frames. The device is designed for the company BROSE at Kopřivnice that has submitted this topic. The equipment depends on industrial requirements. The project describes a with selection of individual elements, their implementation and testing. There is designed an algorithm to evaluate the measured speed.

Obsah

Úvod.....	10
1 Způsoby měření dopadové rychlosti	11
1.1 Měření rychlosti pomocí dvou impulsů	12
1.2 Měření rychlosti pomocí jednoho impulsu	13
2 Použitelné snímače.....	14
2.1 Optické snímače.....	14
2.2 Hallovy sondy	16
2.3 Indukční snímače	17
2.4 Kapacitní snímače.....	18
2.5 Snímač cívka-magnet.....	19
3 Zpracování signálu	20
3.1 Metody odečtení délky periody	20
3.2 Zpřesnění měření	21
3.3 Otestování vyhodnocení signálu	22
4 Jednočipový mikropočítač (MC).....	25
4.1 Mikropočítače PIC	25
4.2 Programování mikropočítačů.....	27
5 Návrh měřicího zařízení.....	29
5.1 Testovací zařízení	29
5.1.1 Mikropočítač PIC16F874A	30
5.1.2 Displej MC2002D-SYL.....	32
5.2 Návrh algoritmu pro výpočet rychlosti	32
5.2.1 Popis činnosti algoritmu:	34
5.2.2 Přesnost měření	35
5.3 Realizace algoritmu	35
6 Návrh typu snímače.....	37

6.1	Vlastnosti snímače	37
6.2	Rozměry snímače.....	38
6.3	Blokový diagram.....	39
7	Deska plošných spojů.....	40
8	Závěr	42
9	Seznam použité literatury.....	45

Seznam použitých zkratk a symbolů:

A/D	Analog/Digital
CPU	Central Processing Unit, centrální procesorová jednotka
EPROM	Electronic Programmable Read-Only Memory, Paměť určená pro čtení, zápis i mazání (pouze UV zářením), nezávislá na zdroji napětí.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, Paměť určená pro čtení, zápis i mazání, nezávislá na zdroji napětí.
LED	Light emitting diode, dioda emitující světlo
MC	Microcontroller, jednočipový mikropočítač
PIC	Peripheral Interface Controller, řadič vnějších obvodů
RAM	Random Access Memory, paměť určená pro čtení i zápis. Po vypnutí napájení se paměť maže.
RISC	Reduced Instruction Set Computer, redukováná instrukční sada
ROM	Read Only Memory, typ paměti pouze pro čtení, která udržuje informace i při odpojení napájení.
UV	Ultra Violet, ultrafialové světlo používané k mazání EPROM
V/V	Vstupně/Výstupní
B	Magnetická indukce [T]
C	Kapacita [F]
E_k	Kinetická energie [J]
f	Frekvence [Hz]
f_{osc}	Frekvence oscilátoru [MHz]
I	Proud [A]
l	Délka [m]
m	Hmotnost [kg]
R_H	Hallova materiálová konstanta [$\text{m}^3 \text{A}^{-1} \text{s}^{-1}$]
s	Dráha [m]
t	Čas [s]

T_s	Vzorkovací perioda [s]
U	Napětí [V]
U_H	Hallovo napětí [V]
U_I	Indukované napětí [V]
v	Rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
ε_r	Permitivita [$\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$]
λ	Vlnová délka [m]
ω	Úhlová rychlost [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$]

Úvod

Měření rychlosti je důležitou operací ve strojírenství, zejména při testování výrobků. O tom svědčí fakt, že samotné téma navrhla firma Brose z Kopřivnice. Jejich požadavkem je vymyslet a navrhnout zařízení, které sejme rychlost pohybu testovacího rámu, zpracuje vygenerovaný signál a vyšle záznam o jeho rychlosti. Cílem je, aby zařízení bylo jednoduché, malé a levné. Změřená dopadová rychlost bude sloužit k bližšímu prozkoumání dopadu testovacího rámu a bude tedy důležitá pro úpravy rychlosti dopadu těchto rámu.

Teoretická část bakalářské práce se bude zabývat otázkou, jak měřit a vyhodnocovat dopadovou rychlost. Budou vysvětleny různé možnosti a jejich principy měření dopadové rychlosti. Poté se zaměříme na otázku, jak snímat rychlost pohybu tělesa. V této části se vyberou typy snímačů, který by bylo možné použít při snímání pohybu. Přiblížíme si jejich základní vlastnosti a jejich principy snímání pohybu. Vygenerovaný signál ze snímačů je třeba zpracovat. Touto problematikou se bude zabývat další bod bakalářského projektu, ve kterém popíšeme metody zpracování impulsních signálů. Dále se budu zabývat problémem, jak by se dalo měření zpřesnit. Přesnost měření otestujeme na typové úloze. V dalším bodě se seznámíme s nástroji, které lze použít právě při zpracování signálu. Popíšeme jejich základní vlastnosti a princip fungování.

V praktické části bude navrženo samotné zařízení, resp. jednotlivé komponenty a jejich propojení. Větší pozornost budeme soustředit výběru konkrétního snímače. Jedním z cílů projektu bude vyvinout algoritmus, jenž bude vstupní signál zpracovávat, to znamená, že bude zjišťovat délku periody mezi dvěma pulzy, přepočítávat periodu na rychlost a následně ji zobrazovat na displeji. Dále se budeme zabývat otázkou přesnosti měření a případným odladěním zařízení.

1 Způsoby měření dopadové rychlosti

Existuje několik způsobů, jak měřit dopadovou rychlost. Avšak není možné měřit rychlost jako takovou. Pouze se měří veličiny, pomocí kterých je možné na základě fyzikálních vztahů dopočítat dopadovou rychlost. To znamená, že měříme rychlost nepřímo.

Např. je možné vypočítat rychlost pomocí energie, kterou získá těleso při dopadu ze vztahu

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}, \quad (1.1)$$

kde

v je rychlost, $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$

E_k - kinetická energie, $[\text{J}]$

m - hmotnost. $[\text{kg}]$

Dalším způsobem, jak měřit rychlost, je použitím dvou impulsů. Metoda měření dopadové rychlosti pomocí dvou impulsů je založena na vztahu

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad (1.2)$$

kde

s je dráha, $[\text{m}]$

t - čas. $[\text{s}]$

Měříme tedy rozdíl v čase mezi dvěma impulsy za předpokladu, že vzdálenost mezi oběma značkami je známá. Při měření dopadové rychlosti lze použít tyto dva principy:

- a) dva impulsy od dvou značek, přičemž známe vzdálenost mezi těmito dvěma značkami a měříme vzdálenost mezi dvěma vygenerovanými signály,
- b) jeden impuls od jedné značky, přičemž měříme velikost nebo šířku impulsu.

Z vygenerovaných signálů je možné získat délku periody Δt více způsoby. Vzdálenost špiček impulsů se nedoporučuje (může docházet k šumu signálu a ovlivnění špičky). Proto se zavádí tzv. trigrovací úroveň asi v polovině amplitudy pulsu. Odečítá se vzdálenost mezi body, kde náběžná hrana signálu protne trigrovací úroveň (viz kap. 3 Zpracování signálu). [Tůma, 2011]

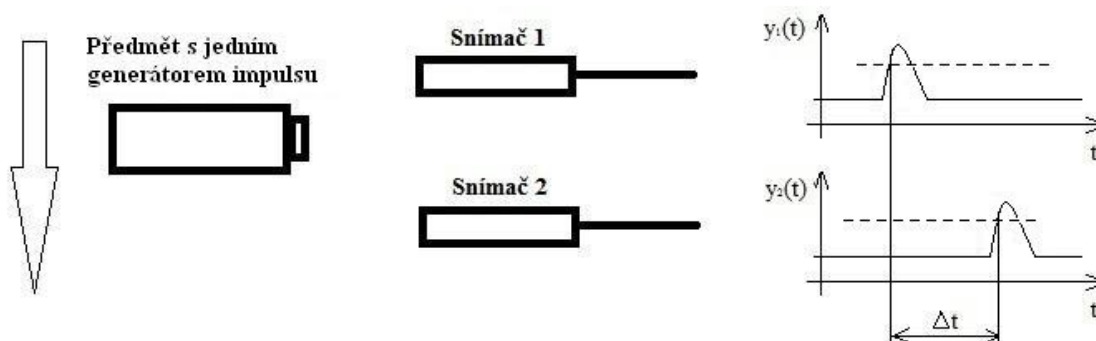
Tato metoda je velmi jednoduše realizovatelná levnými prostředky. Proto se tento projekt zabývá právě touto metodou.

Další možný způsob, jak vypočítat dopadovou rychlost tělesa, je snímání pohybu tělesa pomocí vysokorychlostní kamery. Principem této metody je, že těleso urazí určitou dráhu za určitou dobu. Zvolená dráha je známá a doba pohybu je zjištěna pomocí počtu snímků, které kamera pořídí a které mají mezi sebou daný časový interval. Po vynásobení počtu snímků s časovým intervalem získáme tedy dobu pohybu. Rovnice pro výpočet rychlosti je stejná jako u metody měření pomocí dvou impulsů (vzorec 1.2).

1.1 Měření rychlosti pomocí dvou impulsů

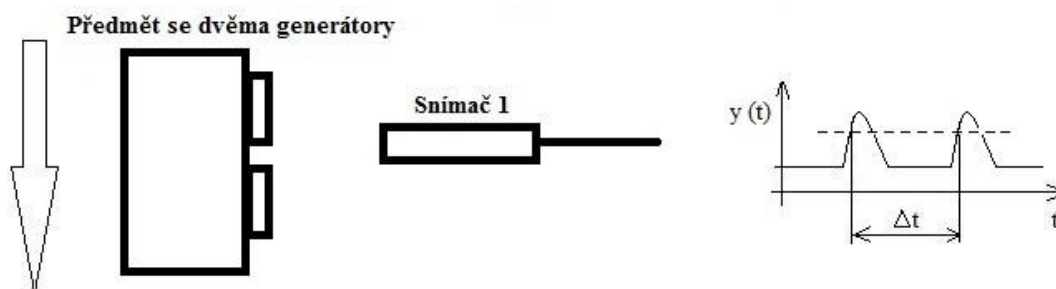
Impulsy můžeme vygenerovat dvěma způsoby:

- a) na pohybujícím se předmětu je jeden generátor impulsu, který se pohybuje v blízkosti dvou snímačů. V tomto případě dále do měřicího řetězce vstupují dva signály (každý z jednoho snímače).



Obr. č. 1 Schéma se dvěma snímači a jedním generátorem.

- b) na pohybujícím se předmětu jsou dva generátory impulsů, které se pohybují v blízkosti jednoho snímače. Pak do měřicího řetězce dále vstupuje jeden signál se dvěma impulsy.



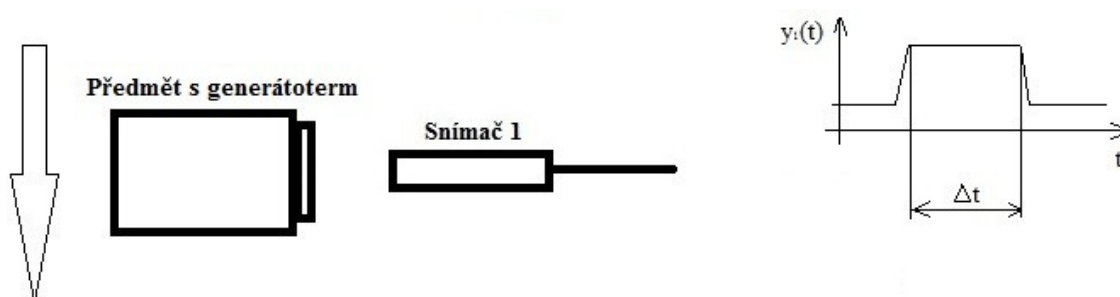
Obr. č. 2 Schéma s jedním snímačem a se dvěma generátory.

Pro tyto metody může být použito několik typů snímačů:

- optické snímače,
- Hallova sonda,
- indukční snímače,
- kapacitní snímače,
- magnetické snímače.

1.2 Měření rychlosti pomocí jednoho impulsu

Metoda měření rychlosti, při níž využíváme pouze jeden vygenerovaný signál, je založena na principu, kdy velikost impulsu je závislá na rychlosti pohybujícího se předmětu. Rozhodnutí, zda se měří délka impulsu nebo amplituda impulsu závisí na použitém snímači.



Obr. č. 3 Schéma s jedním snímačem a jedním generátorem.

Pro tuto metodu může být použito několik typů snímačů:

- Hallova sonda,
- indukční snímače,
- snímač cívka-magnet.

2 Použitelné snímače

2.1 Optické snímače

Protože ve výsledném měřicím obvodu bude použito právě optických snímačů s LED diodou a fototranzistorem, bude jim věnována hlavní pozornost.



Obr. č. 4 Světelná závora TCST2103 [GM Electronics, 2012]

Optické snímače, resp. optoelektrické nebo fotoelektrické snímače, využívají základní fyzikální vlastnosti jejich prvků, což je přeměna elektromagnetického vlnění na elektrický proud a naopak. Optické snímače pracují s elektromagnetickým spektrem v rozsahu od $\lambda = 0,3 \mu\text{m}$ (ultrafialové záření) až do $\lambda = 1,2 \mu\text{m}$ (infračervené záření). [Martinek, 2004]

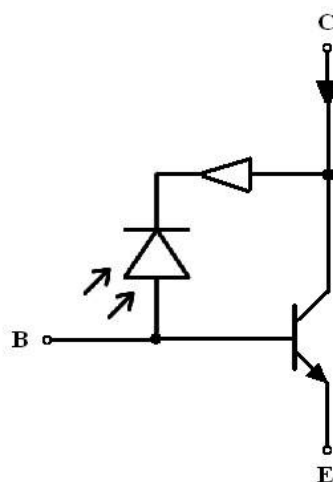
Optický snímač je tvořen vysílacím prvkem (nejčastěji luminiscenční dioda nebo laserová dioda) a přijímacím prvkem (nejčastěji fotodioda PN a PIN, fototranzistor nebo liniový optoelektronický prvek PSD). [Martinek, 2004]

Jako vysílací prvek bude tedy sloužit luminiscenční (LED-z angl. light emitting diode) dioda. LED dioda je polovodičová součástka s jedním PN přechodem. Po připojení napětí v propustném směru dochází k pohybu volných elektronů (záporně nabitě) ke kladnému pólu a děr (chovají se jako kladně nabitě) k zápornému pólu. Během tohoto procesu dochází k vyzáření určitého kvanta energie. Po ustálení se elektronů u kladného pólu a děr u záporného pólu stává se dioda nepropustnou (nevede proud). Je tedy nutné zaměnit póly. Dochází k tzv. rekombinaci děr a elektronů. A znovu se vyzáří určité kvantum energie ve formě fotonů. [Martinek, 2004]

Přijímacím prvkem bude fototranzistor. Fototranzistor je součástka složená z fotodiody a tranzistoru. [Martinek, 2004]

Fotodioda je opět polovodičový prvek, jehož funkce je přeměna světelného toku na elektrický proud. V podstatě funguje na opačném principu jako LED dioda, to znamená, že dopadá-li na povrch fotodiody v oblasti přechodu dostatečně silné světelné záření, elektron na povrchu atomu absorbuje tuto energii a utrhne se. Vzniká pár elektron-díra, který se roztrhne a elektron putuje do N oblasti a díra do P oblasti. To znamená, že i bez přiložení vnějšího napětí teče v závěrném směru proud, tzv. driftový proud. Páry vzniklé mimo přechodovou oblast vznikají pomaleji a i přesun elektronů a děr k N a P částem je pomalejší. Tento vzniklý proud se nazývá difuzní proud. Jelikož přechodná oblast u fotodiod je poměrně malá, vzniká hlavně difuzní proud. Proto je u jednoduchých fotodiod nízká mezní frekvence a dlouhá doba náběhu proudu (v rozmezí $1 \div 3 \mu\text{s}$). Závislost proudu na dopadajícím záření je poměrně dost lineární. [Martinek, 2004]

Tranzistor je prvek zesilující proud. Tranzistor má i negativní dopad na dynamické vlastnosti. Doba náběhu u fototranzistoru se pohybuje okolo $20 \mu\text{s}$. Také lineární závislost proudu na dopadajícím záření je nelineární. Další nevýhodou fototranzistorů je závislost na teplotě. [Martinek, 2004]



Obr. č. 5 Schéma fototranzistoru.

Princip optického snímače spočívá v tom, že vysílací prvek neustále vysílá elektromagnetické záření. Při průchodu předmětu s odrazkou okolím snímače, dochází k odrazu záření. Odražený paprsek dopadá na přijímací prvek, který generuje impuls. [Martinek, 2004]

Hlavními výhodami optických senzorů jsou malé rozměry, vysoká výkonnost a necitlivost vůči rušivým elektromagnetickým polím. Avšak optické senzory jsou citlivé na vlhkost, znečištění nebo infrazáření. [Martinek, 2004]

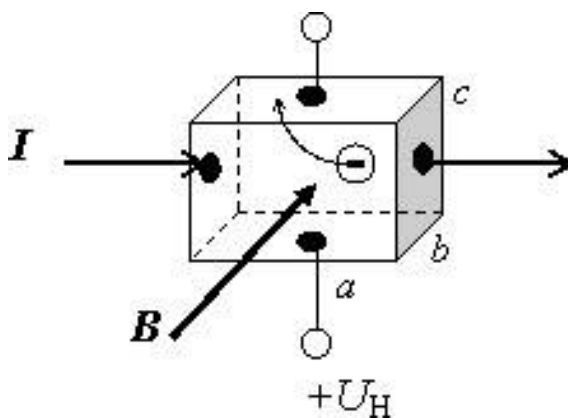
2.2 Hallovy sondy

Při generování impulsních signálů pomocí Hallovy sondy se využívá tzv. Hallova jevu. Na obr. č. 6 je znázorněn princip tohoto jevu. Polovodičová destička je připojena na zdroj napětí U , destičkou protéká proud I a příčné napětí nulové. Ocitne-li se destička v magnetickém poli, pak dochází k přeskupení částic v destičce a na krajích vzniká Hallovo napětí. Toto napětí je výstupním signálem. Vzniklé Hallovo napětí můžeme vypočítat jako

$$U_H = R_H \frac{I \cdot B}{b} \quad (2.1)$$

kde

U_H	je	Hallovo napětí,	[V]
R_H	-	Hallova materiálová konstanta,	$[\text{m}^3 \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}]$
I	-	proud,	[A]
B	-	magnetická indukce,	[T]
b	-	tloušťka destičky.	[m]



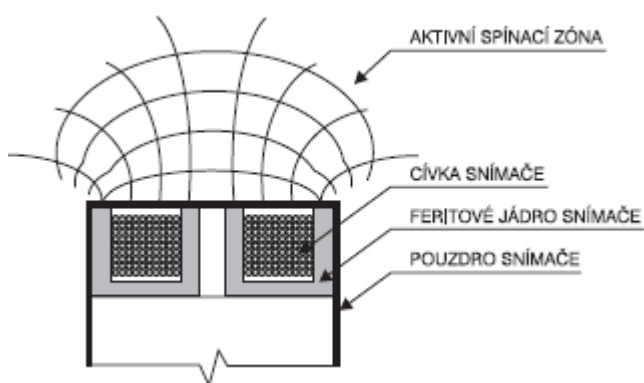
Obr. č. 6 Princip Hallova jevu [Hubeňák, 2004]

Využití Hallovy sondy pro měření rychlosti je velmi jednoduché. Na pohybující se předmět je upevněn permanentní magnet, který při pohybu kolem Hallovy sondy generuje impuls v podobě Hallova napětí U_H . [Martinek, 2004]

Výhodou Hallových sond je jejich malý rozměr a možnost využití jak ve střídavých tak ve stejnosměrných obvodech. [Martinek, 2004]

2.3 Indukční snímače

Indukční snímač si můžeme představit jako cívku, která je uložena na jádru poloviny tzv. hrníčku z feromagnetických materiálů. Do cívky teče střídavý proud o vysoké frekvenci, který generuje na otevřené straně hrníčku magnetické pole. Při průchodu elektricky vodivého materiálu kolem této aktivní plochy senzoru dojde k deformaci magnetického pole. Ve snímaném předmětu se indukují tzv. vířivé proudy, které působí zpět na cívku. Tímto vlivem se změní v cívce její elektrické impedanční vlastnosti. Změna impedance je dále zpracovávána elektronikou snímače. Většinou dochází k zesílení a následnému převodu na výstupní signál. [Martinek, 2004]



Obr. č. 7 Princip indukčního snímače [Kotlín snímače, 2011]

Kromě dvouhodnotového výstupního signálu můžeme využít také analogový výstup, kdy rychlost snímaného předmětu ovlivňuje velikost výsledného signálu. V tomto případě můžeme měřit velikost amplitudy nebo délku signálu.

Pro výhodné vlastnosti jsou tyto typy snímačů velmi často používány v průmyslové praxi. Indukční senzory patří mezi bezdotykové, velmi odolné vůči nepříznivým vlivům prostředí (z důvodu možnosti uložení do uzavřeného pouzdra). Dále jsou velmi levné. [Martinek, 2004]

2.4 Kapacitní snímače

Kapacitní snímače fungují na principu změny kapacity C kondenzátoru z důvodu změny prostředí. Vstoupí-li do okolí kondenzátoru o základní kapacitě C_z předmět o permitivitě ε_r , Dojde ke změně kapacity kondenzátoru o ΔC . Výsledná kapacita C_v je pak dána vztahem:

$$C_v = C_z + \Delta C, \quad (2.2)$$

kde

C_v je výsledná kapacita, [F]

C_z - základní kapacita, [F]

ΔC - změna kapacity. [F]

[Martinek, 2004]

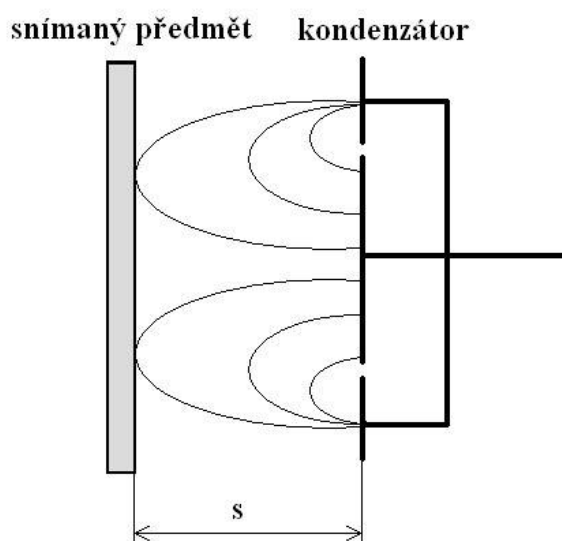
Výsledná kapacita je dále ovlivňována také vzdáleností snímaného předmětu od kondenzátoru, proto můžeme zapsat vztah:

$$C_v = f\left(\varepsilon_r, \frac{1}{s}\right). \quad (2.3)$$

kde ε_r je permitivita předmětu.

[Martinek, 2004]

Tato změna kapacity je dále zpracovávána elektronikou snímače.



Obr. č. 8 Princip kapacitního snímače.

Velkou výhodou kapacitních snímačů je použitelnost pro detekci vodivých i nevodivých materiálů. Jsou také velmi levné. Avšak kapacitní snímače jsou silně závislé na teplotě, vlhkosti a na čistotě prostředí. Další nevýhodou je také jejich nízká spínací frekvence. [Martinek, 2004]

2.5 Snímač cívka-magnet

Při použití tohoto magnetického snímače se využívá fyzikálního jevu (popsán Faradayovým zákonem), kdy pohybující se magnet v okolí cívky indukuje na cívce napětí U_I .

$$U_I = B \cdot l \cdot v \quad (2.4)$$

Kde

U_I je indukované napětí, [V]

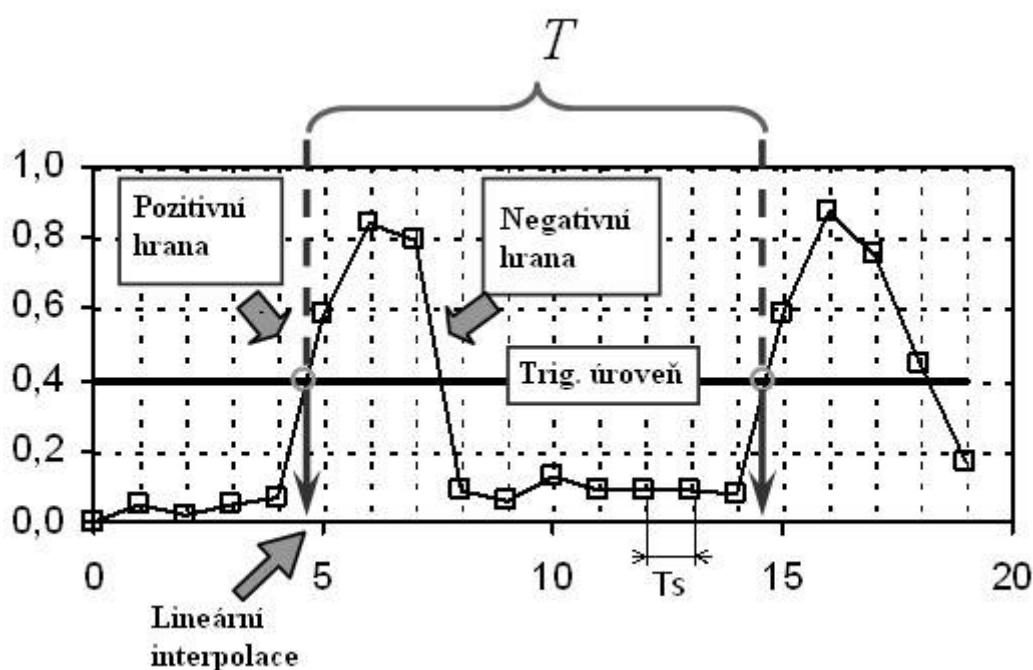
l - délka vodiče navinutého na cívce. [m]

V praxi je na pohybující se předmět připevněn magnet a pohybem magnetu v okolí cívky vzniká měřené napětí. Jde tedy o jiný princip měření dopadové rychlosti než při použití předchozích snímačů. V tomto případě se měří amplituda jednoho pulsu (ne vzdálenost mezi dvěma pulsy).

Velkou výhodou je cena jednotlivých komponentů. Nicméně velikost indukovaného je ovlivňována vzdáleností magnetu od cívky. Z tohoto důvodu by bylo potřeba cejchovat snímač použitím nějaké přesnější metody. [Martinek, 2004]

3 Zpracování signálu

Po převodu analogového signálu ze snímačů analogočíslicovým převodníkem získáme diskrétní signál o dvou pulsech (obr. č. 9). Délka periody mezi dvěma pulsy se dá získat více způsoby. Může se měřit vzdálenost mezi dvěma vrcholy pulsů nebo při náběhu hrany. Nicméně tyto dva způsoby by mohly být ovlivněny šumem signálu. Tzn. že, by vyhodnocovací program mohl počítat se špičkami vzniklé šumem. Proto se zavádí tzv. trigrovací úroveň. Výsledná délka periody je vzdálenost mezi místy kdy interpolace signálu projde trigrovací úrovní. Trigrovací úroveň se volí většinou v polovině amplitudy pulsů. [Tůma, 2009]



Obr. č. 9 Vyhodnocení signálů trigrovací metodou [Tůma, 2009]

3.1 Metody odečtení délky periody

Použitím této metody se vypočtená hodnota může lišit od skutečné hodnoty určitou chybou. Pro případ, kdy trigrovací úroveň prochází dvěma pulsy ve stejném směru (pozitivní hrana), je maximální chyba $2T_s$, kde T_s je vzorkovací perioda, kterou můžeme vypočítat jako:

$$T_s = \frac{1}{f} \quad (3.1)$$

kde

f je vzorkovací frekvence. [Hz]

Vzorkovací frekvence je dána použitým A/Č převodníkem. Např. při použití převodníku o vzorkovací frekvenci $f = 25 \text{ kHz}$, bude vzorkovací perioda:

$$T_s = \frac{1}{25 \cdot 10^3} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

Výsledná maximální chyba délky periody mezi dvěma pulsy pak bude $8 \cdot 10^{-5} \text{ s}$.

Další metodou, jak zjistit délku mezi dvěma pulsy, je použití interpolace diskrétního signálu. Interpolace je matematický proces, při kterém hledáme funkci, jež by procházela jednotlivými body diskrétního signálu a podobala se co nejvíce původnímu analogovému signálu. Podle počtu bodů n můžeme provést tyto interpolace:

- pro $n = 2$...lineární interpolace
- pro $n = 3$...kvadratická interpolace
- pro $n > 3$...interpolace polynomem n -tého stupně. [Kučera, 2003]

Pro interpolaci dvou získaných impulsů použijeme nejjednodušší interpolaci a to lineární. Známe-li dva body, pak jejich lineární interpolací je přímka, která těmito body prochází. Pro jakýkoli bod ležící na přímce na intervalu (x_0, x_1) platí, že:

$$f(x) = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0} (x - x_0). \quad (3.2)$$

[Homola, 2002]

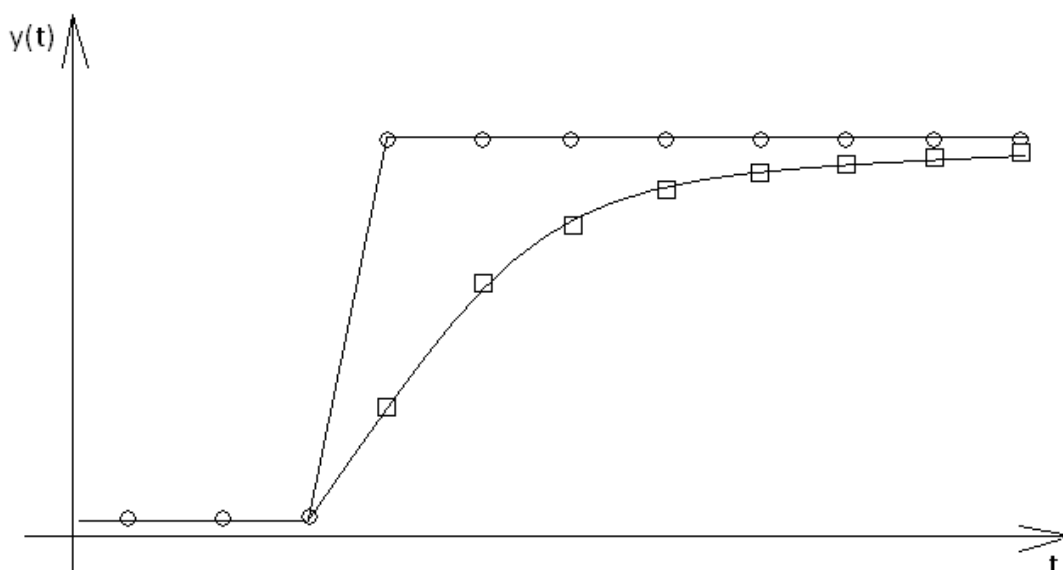
Výsledná chyba je sice stejná jako u předchozí metody, avšak přesnost měření se při použití lineární interpolace zvýší asi 50x. [Tůma, 2009]

Použití této metody je velmi jednoduché a relativně přesné.

3.2 Zpřesnění měření

Jelikož vzorkovací perioda nemusí být dostatečně malá v porovnání s dobou náběhu hrany pulsu, může se zavést do měřicího řetězce filtr. Tento filtr má za úkol protáhnout náběžnou hranu, čímž dojde k zaznamenání více vzorků pro jednotlivé pulsy a zpřesnění měření. Funkce tohoto filtru je znázorněna na obr. č. 10. Jako filtr se může použít RC člen.

Protože filtr změní oba dva pulsy stejně, tak na výsledný výpočet doby periody mezi těmito dvěma pulsy použití filtru nebude mít vliv. [Tůma, 2011]



Obr. č. 10 Funkce RC členu.

3.3 Otestování vyhodnocení signálu

Pro otestování zpracování signálu jsou použity dva pulsy z programu *Motor.sga*. V následujících odstavcích je popsán program *Motor.sga*.

Motor

Data jsou z měření na motoru za rozběhu pod zatížením. Signál Otáčky do motoru představuje sled impulsů generovaných jednou za otáčku. Signál Místo 1 hluk dB(A) představuje záznam hluku. Impulsní signál je připojen k přístroji Tachometer. Výstupem tohoto přístroje je signál Pulse positions, který obsahuje pořadí vzorků, kdy impulsní signál přesáhne trigrovací úroveň. Při výpočtu Pulse positions je znázorněn také časový průběh otáček. [Tůma]

Vlastnosti signálu:

Measurement : ZOOM : VPM11A

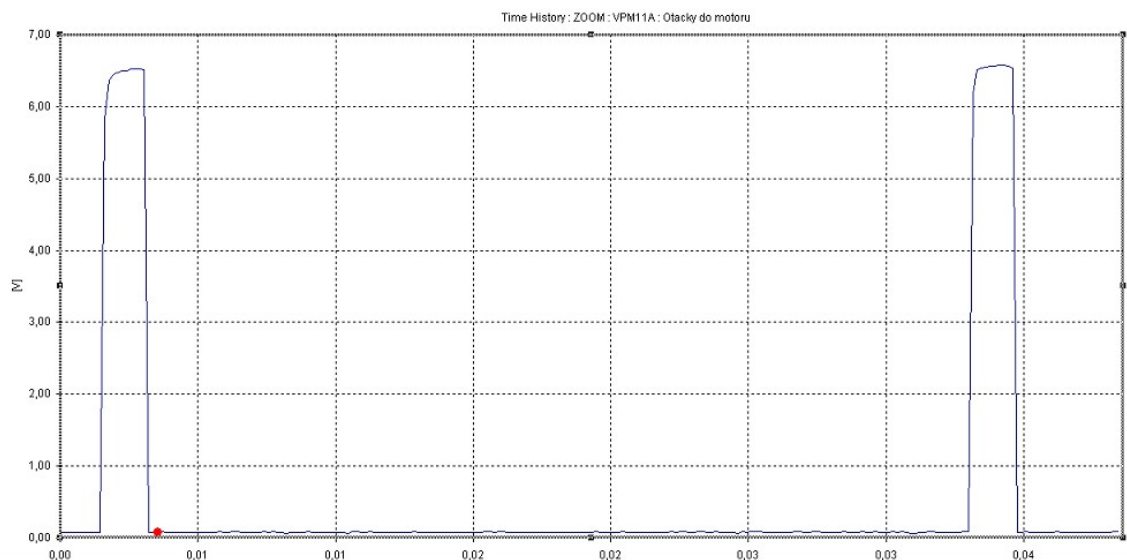
Signal properties :

Name : Otacky do motoru

DOF :

Source : Measured Signal
 Note : Comment 1
 Unit : [V]
 Zero : 0
 Gain : 1
 Offset : 0
 Sample count : 240
 Playback : No
 Sample frequency in Hz : 6214,48438

Statistics :
 Maximum : 6,572265625
 Minimum : 0,063476563
 Peak to peak : 6,508789062
 Mean value : 0,612996653929164
 Standard deviation : 1,76607258028827



Obr. č. 11 Testovaný signál [Tůma]

Ze vzorkovací frekvence dle vzorce 3.1 vypočítáme vzorkovací periodu T_s .

$$T_s = \frac{1}{f}$$

$$T_s = \frac{1}{6214,48438}$$

$$T_s = 1,609 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

Pro zjištění délky periody použijeme metodu, kdy zjišťujeme počet bodů mezi pulsy. Zvolíme trigrovací úroveň na hodnotu 3,5 V. První bod 1. pulsu je 10. bod signálu. Jeho

hodnota je 5,8203 V. Koncovým bodem je 206. bod o hodnotě 6,1719 V. Počet bodů mezi prvním a posledním bodem je tedy 196. Výsledná délky periody je tedy

$$T = 196 \cdot Ts$$

$$T = 196 \cdot 1,609 \cdot 10^{-4}$$

$$T = 0,0315 \text{ s}$$

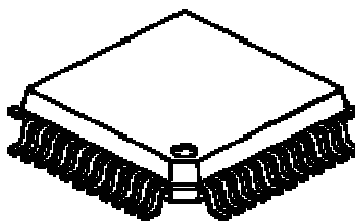
4 Jednočipový mikropočítač (MC)

Jednočipový mikropočítač (mikrokontrolér, nebo taky mikropočítač) je elektronická součástka, kterou je možné programovat, a která obsahuje veškeré prvky potřebné k vykonávání funkce počítače. Mezi základní prvky patří centrální procesorová jednotka, tzv. CPU, čítače, časovače, sériová rozhraní, vstupně/výstupní porty, paměti RAM, ROM, EPROM, EEPROM nebo FLASH, A/D převodníky atd. Mikropočítač může vykonávat řídicí funkci systému, tzn. být jeho mozkem, nebo být součástí nějakého většího systému a vykonávat tedy pouze určitou úlohu v tomto systému. [Špringl, 2011]

Výhody těchto elektronických součástek jsou nesporné. MC jsou velmi malé, levné, mají nízkou spotřebu, mohou pracovat za nízkých i vysokých teplot ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $150\text{ }^{\circ}\text{C}$), snadno programovatelné atd. Pro jejich vlastnosti je můžeme nalézt v domácích spotřebičích, automobilech, řídicích systémech nebo měřicích systémech (tedy i v systémech pro měření rychlosti). [Špringl, 2011]

MC můžeme dělit podle šířky zpracovávaného slova na čtyř-, osmi-, šestnácti- nebo třicetidvoubitové. [Bilík, 1998]

V současné době existuje několik typů MC. Mezi nejrozšířenější patří mikropočítače PIC, které jsou mimo jiné velmi vhodné pro zpracování signálů. Proto se budu podrobněji zabývat právě těmito MC.



Obr. č. 12 Jednočipový mikropočítač (zapouzdrazení typu MQFP) [Škuta, 2006]

4.1 Mikropočítače PIC

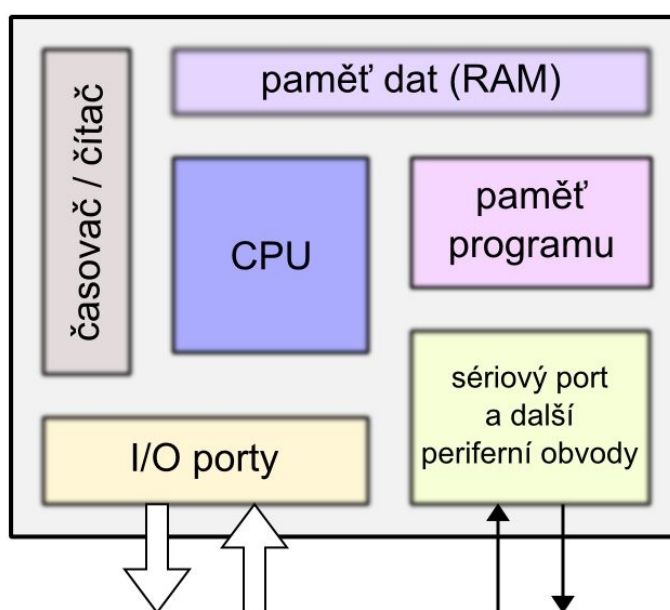
Mikropočítače typu PIC jsou založeny na tzv. harvardské architektuře (paměť programu je fyzicky oddělená od paměti dat a díky tomu nemusí mít paměť programu a paměť dat stejně dlouhé datové slovo). [Špringl, 2011]

PIC jsou velmi oblíbené pro jejich vlastnosti:

- harvardská architektura,
- malé množství vysoce optimalizovaných instrukcí (RISC),
- většina instrukcí je prováděna v jednom instrukčním cyklu,
- periferie a registry jsou datovány do datové paměti,
- mají jediný registr pro veškeré aritmetické a logické operace.

[Špringl, 2011]

Na obr. č. 13 je znázorněno jednoduché schéma struktury PIC.



Obr. č. 13 Schéma struktury PIC. [Špringl, 2011]

Mikrokontrolér PIC se skládá ze základních komponent:

- procesor (CPU),
- paměť programu,
- paměť dat,
- vstupně/výstupní rozhraní,
- další komponenty.

[Špringl, 2011]

Procesor

Procesor (CPU) je nejdůležitější část MC, který vykonává jednotlivé instrukce. Řídí čtení a zápis dat do paměti. Dále vykonává logické a aritmetické funkce a řídí komunikaci mezi porty a jinými periferiemi. [Špringl, 2011]

Paměť

Paměť slouží k uložení vlastního programu a dále k uložení dat, se kterými program pracuje. Jak bylo uvedeno, PIC má zvlášť paměť programu a zvlášť paměť dat. Programová paměť je nejčastěji ukládána na paměť typu FLASH, což umožňuje snadné přeprogramování. Paměťová paměti pro PIC se vyrábí ve velikostech od 1 kB do 256 kB. Pro uložení proměnných, výsledků a dalších dat slouží paměť typu RAM. Některé PIC mají navíc paměť typu EEPROM, která slouží k zálohování dat. Velikost datových pamětí je nižší než u paměťových a pohybuje se v rozmezí 32 B a 16 kB (někdy i více). [Špringl, 2011]

Vstupně/výstupní rozhraní

Funkcí těchto vstupně/výstupních portů (někdy se označují jako I/O porty) je zprostředkování komunikace mezi MC a externími zařízeními. Jednotlivé piny lze naprogramovat jako vstupy nebo jako výstupy. Na V/V rozhraní je možné připojit tlačítka, displej, LED diody, klávesnici, relé nebo jiné logické obvody. [Špringl, 2011]

Časovače, čítače

Funkcí časovačů v MC je např. měření časových intervalů, zpoždění proměnných apod. Funkcí čítačů je např. sčítání jednotlivých pulsů po určité době. V mikropočítačích existuje jeden nebo více čítačů/časovačů. [Špringl, 2011]

4.2 Programování mikropočítačů

Mluví-li se o programování MC, pak jde o programování samotného procesoru.

Architektura MC umožňuje zpracovat a vyhodnotit signál více způsoby. Nejprve je potřeba zjistit dobu mezi dvěma impulsy. Použitím časovače se doba zjistí tak, že při překročení prvního pulsu trigrovací úrovní dojde k zapnutí časovače. Po překročení druhého pulsu trigrovací úrovní se časovač vypne. S tímto časovým úsekem pak už je CPU schopno dále pracovat.

Použije-li se čítač, pak princip získání doby mezi dvěma impulsy spočívá v tom, že při překročení prvního pulsu trigrovací úrovní čítač začíná počítat vzorky až do doby, kdy hodnota druhého pulsu překročí trigrovací úroveň. Po vynásobení počtu vzorků vzorkovací periodou T_s je opět získána doba mezi dvěma impulsy.

Po získání doby má MC vše potřebné pro výpočet dopadové rychlosti (vzdálenost mezi snímači generující impulsy je známá). Stačí tedy vydělit vzdálenost dobou (vzorec 1.2) a výsledek zobrazit pomocí displeje.

Programovat CPU je možné více způsoby, resp. jazyky, které se dají rozdělit na nízkoúrovňové a vysokoúrovňové.

Mezi nízkoúrovňové patří tzv. assembler. Tento jazyk slouží jako překladač do strojového kódu. V podstatě přiděluje jednotlivým instrukcím a registrům procesoru vlastní jména (většinou se jedná o anglické zkratky). Výhodou tohoto jazyku je velmi malé místo, které zabírá program v paměti a také velmi vysoká rychlost provedení programu. Nicméně zápis programu v assembleru je dost složitý a je závislý na svém typu procesoru (každý typ procesoru má jinou architekturu). Proto byla vyvinuta skupina vysokoúrovňových jazyků. [Falt, 2004]

Mezi tuto skupinu patří jazyky C, C++, Pascal, Delphi, Visual Basic atd. Struktura programů je logická, a proto psaní programů v těchto jazycích je pro uživatele snazší. Další výhodou je možnost využití jednoho programu pro více typů procesorů. Aby procesor pracoval se zápisy programů ve vysokoúrovňových jazycích, potřebuje kompilátor. Programy napsané v těchto jazycích zabírají větší místo v paměti a rychlost provedení programu je také o něco nižší, než u assembleru, avšak rozdíly nejsou nijak velké. [Krček, 1998]

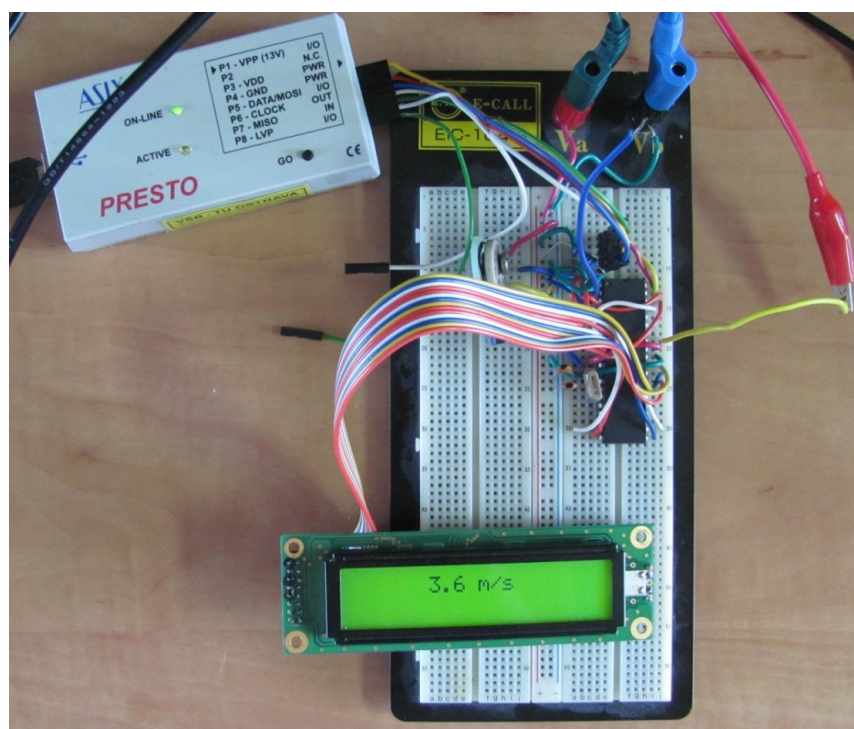
5 Návrh měřicího zařízení

Podle požadavků na výsledné zařízení se bude také přistupovat k jeho návrhu. Cílem je, aby zařízení bylo malé, jednoduché a co nejlevnější. Dále bude měřit rychlost od 0,1 m/s do 3 m/s s přesností na jedno desetinné místo a tolerancí $\pm 0,1$ m/s. Je požadováno, aby na snímání předmět nebylo třeba nic instalovat. Zařízení by mělo být nezávislé na vnějším zdroji. Mělo by obsahovat displej, na který bude změřená rychlost exportována.

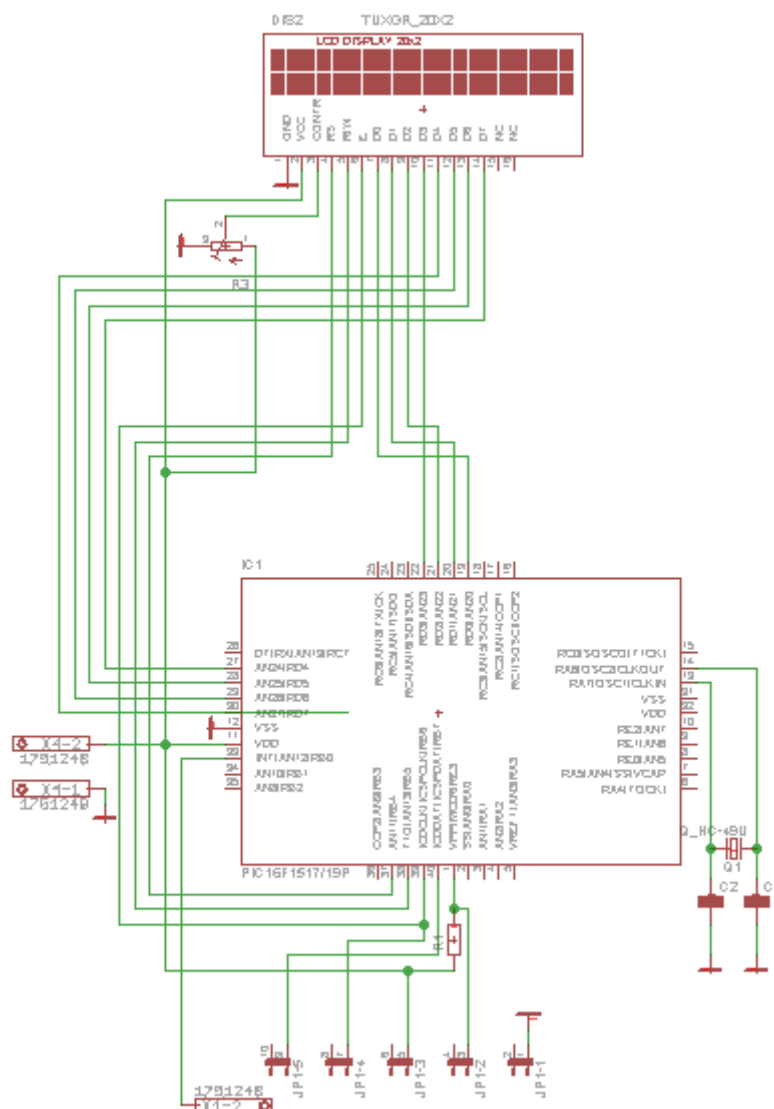
Kostrou takového zařízení tedy bude mikropočítač, snímače, displej a zdroj.

5.1 Testovací zařízení

Pro realizaci, otestování a vyladění algoritmu bylo sestaveno testovací zařízení. Toto zařízení bylo zrealizováno na kontaktním poli napájené $U = 5$ V. Byl vyvíjen algoritmus pro mikropočítač typu PIC16F874A. Jako oscilátor byl vybrán krystal o $f_{osc} = 20$ MHz a k němu připojeny dva kondenzátory o hodnotě $C = 15$ μ F. Dále byl použit odpor o hodnotě $R = 5$ Ω . Pro zobrazování hodnot jsme vybrali alfanumerický dvouřádkový displej MC2002D-SYL. Schéma zapojení jednotlivých komponentů je znázorněno na obr. č 15.



Obr. č. 14 Testovací zařízení



Obr. č. 15 Schéma zapojení komponent testovacího zařízení

5.1.1 Mikropočítač PIC16F874A

Tento mikropočítač byl vyvinut firmou Microchip Technology Inc. v roce 2003.

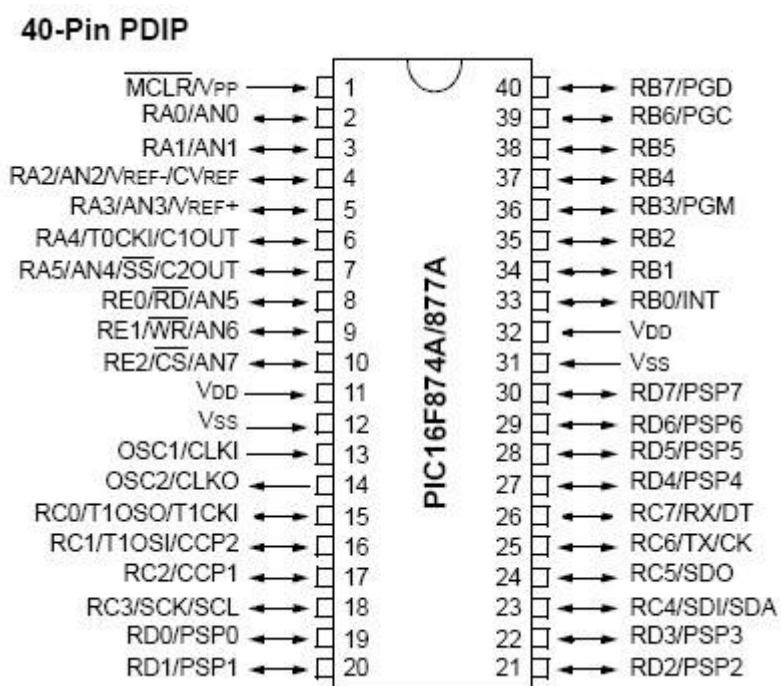
Mikrokontrolér PIC16F874A má velikost paměti dat danou 128 B v paměti EEPROM a 192 B v RWM. Paměť programu má velikost 7,2 KB a 4096 instrukcí. Dále obsahuje 40 pinů, přičemž 33 pinů je možno definovat jako vstupně/výstupní piny (a k nim vstupně/výstupní brány A, B, C, D, E). Dále obsahuje 3 čítače/časovače (2 osmibitové a 1 šestnáctibitový). PIC16F874A také obsahuje synchronní, univerzální asynchronní i paralelní port. Další vlastností tohoto mikropočítače je přítomnost A/D převodníku s osmi

vstupy a dvou komparátorů. Shrnuté vlastnosti PIC16F874A jsou v tab. č. 1. [Microchip Technology Inc., 2003]

Tab. č. 1. Přehled vlastností PIC16F874A [Microchip Technology Inc., 2003]

Taktovací frekvence	0 - 20 MHz
Obvody Resetu	POR, BOR (PWRT, OST)
Velikost paměti programu Flash (14 bitových slov)	4K
Velikost paměti RWM (bajtů)	192
Velikost paměti EEPROM (bajtů)	128
Přerušovací zdroje	15
Vstupně/výstupní brány	Port A, B, C, D, E
Čítače/časovače	3
Moduly Capture/Compare/PWM	2
Sériová komunikace	MSSP, USART
Paralelní komunikace	PSP
10-bitový A/D převodník	8 vstupů
Analogový komparátor	2
Pouzdro	40 pinů (typ PDIP)

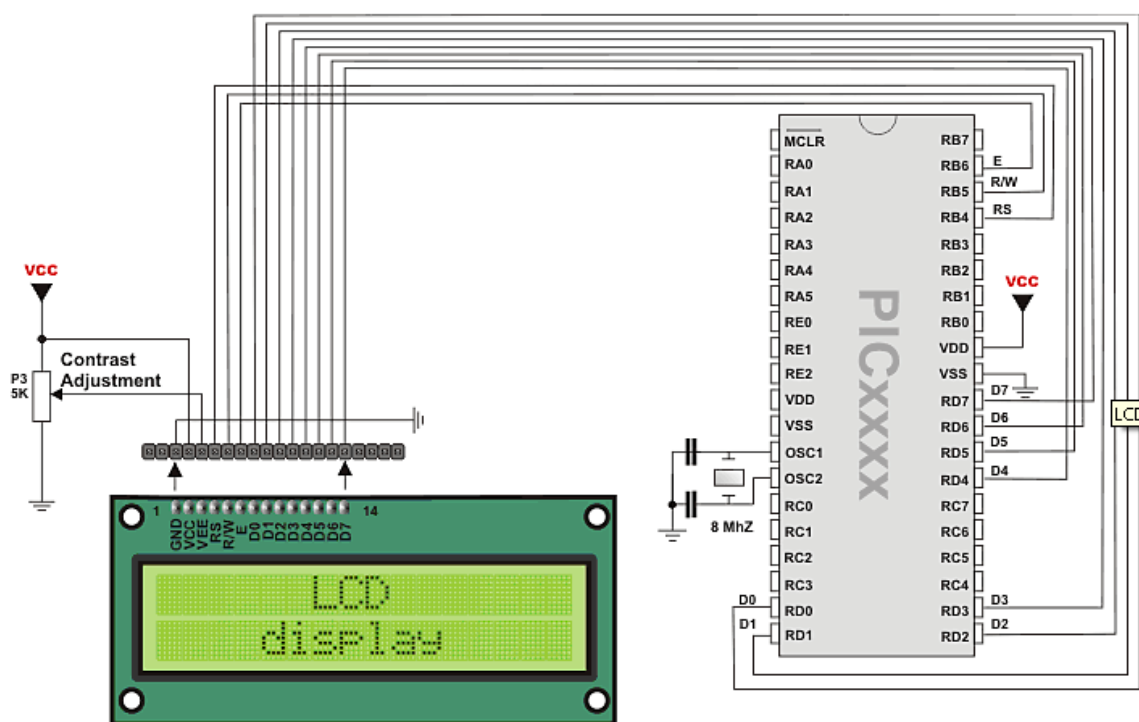
Na obr. č. 16 je schéma pinů mikrokontroléru PIC16F874A.



Obr. č. 16 PIC16F874A a diagram pinů. [Microchip Technology Inc., 2003]

5.1.2 Displej MC2002D-SYL

Pro zobrazení změřené rychlosti byl vybrán displej MC2002D-SYL od firmy Everbouquet. Jedná se o LCD displej se dvěma řádky po dvaceti znacích. Zařízení má žlutozelené LED podsvícení. Na obr. č. 17 je schéma zapojení jednotlivých pinů displeje k pinům mikropočítače a zdroje.



Obr. č. 17 Zapojení displeje MC2002D-SYL [MikroElektronika, 2003]

5.2 Návrh algoritmu pro výpočet rychlosti

Algoritmus byl sepsán v prostředí programu MikroC for PIC 8.2.0.0 od firmy MikroElektronika v jazyce mikroC (jazyk C určený pro mikropočítače). Program MikroC v podstatě kompiluje uživatelem napsaný program do strojového kódu, který už mikropočítač umí číst.

1. char *text";
2. float i=0;
3. float j;
4. float v;
5. char incr;
6. int counter=0;


```
7. void interrupt (void) {  
  
8.     if (INTCON.T0IF==1)  
9.     {  
10.        counter=counter++;  
11.        TMR0=0x64;  
12.        INTCON.T0IF=0;  
13.    }  
  
14.    else if (INTCON.INTF==1)  
15.    {  
16.        if (incr==1)  
17.        {  
18.            incr=0;  
19.        }  
20.        else  
21.        {  
22.            incr=1;  
23.        }  
24.        INTCON.INTF=0;  
25.    }  
26. }  
  
27. void main() {  
  
28.     OPTION_REG = 0xC1;    //zakázání pull-up rezistoru,nastavení prerusení od RB0 při  
                             nabízní hrane,vnitřní zdroj pro TMR0,inkrementace TMR0 s nabízní hranou,preddellicka je  
                             pro TMR0,predellicka je 1:4  
29.     INTCON.GIE = 1;        //POVOLENÍ VSECH PRERUSENÍ  
30.     INTCON.INTE = 1;        //povolení prerusení od RB0  
31.     INTCON.INTF=0;         //nastavení poíznakového bitu poerušení pro RB0 do 0  
32.     TRISB = 1;             // PORTB is INput  
33.     TRISD = 0;             // PORTD is output  
  
34.     do {  
35.         i=0;  
36.         do{  
37.             ;  
38.         }while (incr==0);  
  
39.     INTCON.T0IE = 1;        //povolení přerušení přetečením časovače  
40.     INTCON.T0IF = 0;        //nastavení příznakového bitu přerušení pro TMR0 do 0  
  
41.     counter=0;  
  
42.     do {
```

```
43.          ;
44.          } while (incr==1);
45.  INTCON.T0IE = 0;      //zakázání přerušení přetečením časovače
46.  counter=counter*(1248./10.); //doba v preceteceni casovace v us
47.  TMR0=TMR0*(5./6.);    //doba ve zbytku casovace v us
48.  i=TMR0+counter;
49.  i=i/1000000.;         //doba v sekundach
50.  j=1./100.;           //draha 0.01 m
51.  v=j/i;               //rychlost

52.          FloatToStr(v,text);

53.  TRISB = 1;           // PORTB je vstupní
54.  TRISD = 0;           // PORTD je výstupní

55.  Lcd8_Init(&PORTB, &PORTD); // Initialize LCD at PORTB and PORTD
56.  Lcd8_Config(&PORTB,&PORTD,4,6,5,4,5,6,7,3,2,1,0);
57.  Lcd8_Out(1,7,text);
58.  Lcd8_Out(1,10," m/s  ");
59.  delay_ms(1000);

60.  } while (1);
61.  }
```

5.2.1 Popis činnosti algoritmu:

Hlavní program *main* nastavuje všechny registry a čeká, dokud se proměnná *incr* nepřestaví na hodnotu 1. K tomu dojde tehdy, dojde-li k přerušení od pinu RB0 (hodnota na RB0 se přestaví z 0 na 1).

V okamžiku přerušení od RB0 dojde ke spuštění časovače, který plní registr TMR0. V případě, že TMR0 je naplněn a přeteče, dojde k přerušení od časovače a proměnná *counter* přičte jedničku.

Přijde-li od RB0 druhé přerušení (přišel druhý puls), dojde k zastavení počítání času a přepočítávání hodnoty v proměnné *counter* a hodnoty v registru TMR0 na čas, tzn. vynásobení doby zaplnění registru TMR0 s hodnotou v proměnné *counter*, vynásobení hodnoty v registru TMR0 s dobou jednoho tiky a sečtením těchto dvou hodnot. Protože se pracuje v mikrosekundách, je třeba převést získaný čas v proměnné *i* na sekundy.

Algoritmus dále přepočte (podle vzorce 1.2) získaný čas a známou dráhu na rychlost (proměnná v).

Získanou rychlost je třeba poslat na displej. Ale je nutné převést datový typ v (float) na typ, který displej umí číst, a to je typ string. Dále program *main* definuje nastavení obsluhy displeje a posílá na něj hodnotu *text*.

5.2.2 Přesnost měření

Použitím oscilátoru o frekvenci $f_{osc} = 20\text{ MHz}$ a softwarově nastavené předděličky na hodnotu 1:4 přichází do registru tiky s frekvencí vypočtenou ze vzorce:

$$f = \frac{f_{osc}}{4} \cdot \frac{1}{4} \quad (5.1)$$

kde f_{osc} je frekvence oscilátoru.

Podle vzorce 5.1 a 3.1 tedy můžeme vypočítat vzorkovací periodu:

$$f = \frac{20}{4} \cdot \frac{1}{4}$$

$$f = 2,5\text{ MHz}$$

$$T_S = 400\text{ ns}$$

Maximální chyba měření je tedy $2T_S$ (viz. kapitola 3.1) plus doba potřebná k provedení jednotlivých instrukcí algoritmu. Nicméně takto vzniklé chyby jsou natolik malé, že je možné pro náš případ je zanedbat. Taktéž chybu vzniklou dobou sepnutí snímače je možno zanedbat, protože při použití dvou snímačů se tato chyba neprojeví.

5.3 Realizace algoritmu

Vytvořený algoritmus bylo třeba nahrát do mikropočítače, k tomu byl použit program UP a programátor Presto (obr. č. 18) od firmy Asix s.r.o. Z obrázku je zřejmé zapojení jednotlivých pinů.



Obr. č. 18 Programátor Presto[Asix, 2010]

Pro generování pulsů, které nahradili reálné signály získané ze snímačů, jsme použili přístroj Universal system MS-9150 od firmy Metex (obr. č. 19). Tento přístroj jsme také použili jako zdroj napětí. Pracovali jsme s obdélníkovými pulsy o frekvenci $f = 10 \div 400 \text{ Hz}$ (kdy 10 Hz odpovídá rychlosti $v = 0,1 \text{ ms}^{-1}$ a 400 Hz odpovídá rychlosti $v = 4 \text{ ms}^{-1}$).



Obr. č. 19 Universal system MS-9150

6 Návrh typu snímače

Podle požadavku, aby nebylo nutné připojovat na snímaný předmět jakýkoliv generátor pulzu, aby samotný předmět generoval pulzy, byl zvolen optický snímač s vysílacím a přijímacím členem v jednom pouzdře. Jeho princip byl vysvětlen výše.

Na základně vlastností, ceny a dostupnosti byl vybrán optický snímač GP2Y0D21YK0F od firmy Sharp Corporation (obr. č. 20).



Obr. č. 20 Optický snímač GP2Y0D21YK0F [Sharp, 2006]

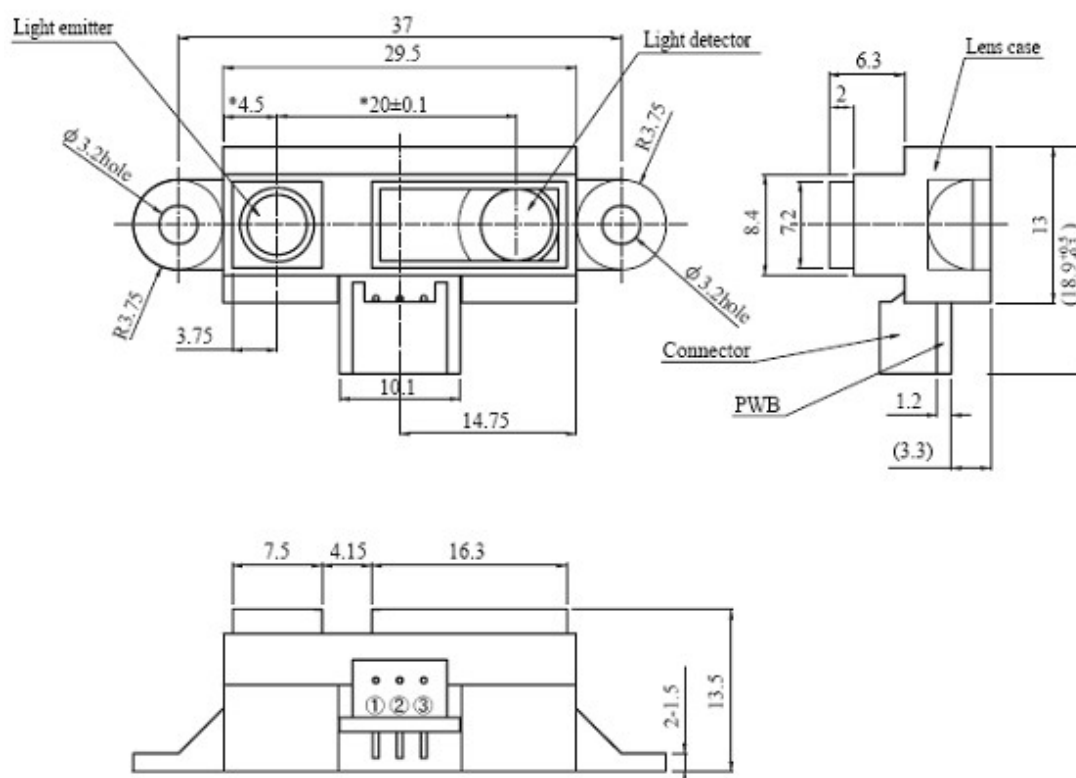
6.1 Vlastnosti snímače

Vysílacím prvkem snímače GP2Y0D21YK0F je dioda emitující infračervené záření. Přijímacím prvkem je fotodiody PID. Další vlastnosti jsou shrnuty v tab. č. 2. [Sharp, 2006]

Tab. č. 2. Vlastnosti snímače [Sharp, 2006]

Výstup	Digitální
Detekující vzdálenost	Do 24 cm
Rozměry (D x Š x V)	29,5 x 13 x 13,5 mm
Spotřeba proudu	33 mA
Doporučené napájecí napětí (V_{CC})	4,5 až 5,5 V
Výstupní napětí na svorkách (V_O)	-0,3 až $V_{CC} + 0,3$ V
Provozní teplota	-10 až +60 °C

6.2 Rozměry snímače



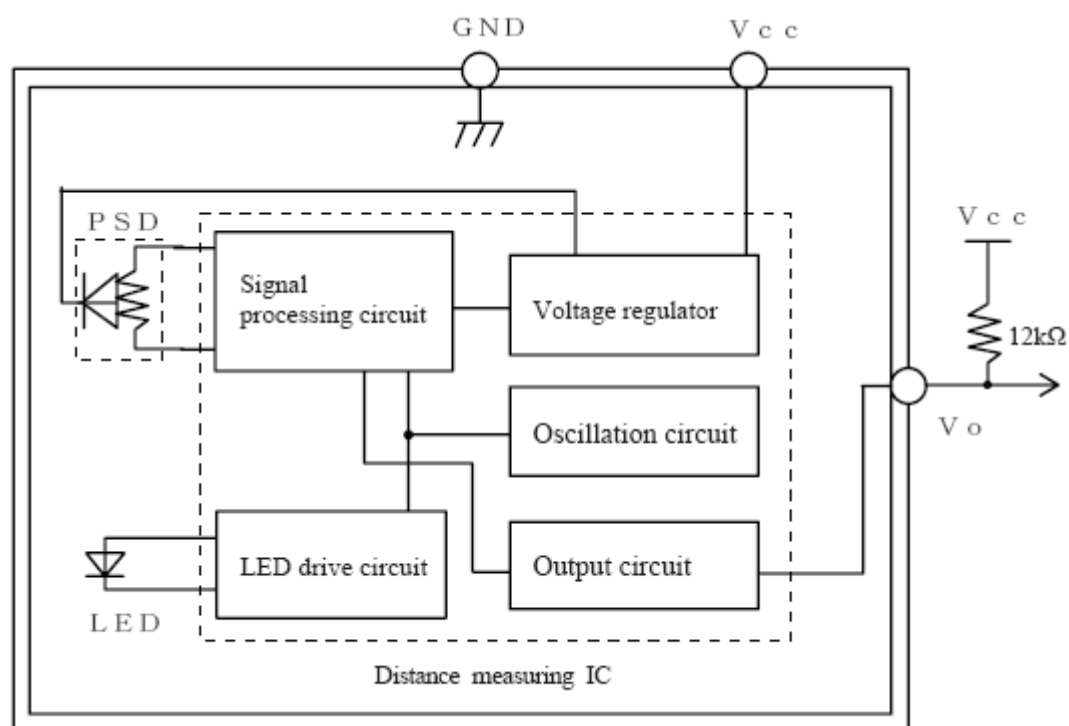
Obr. č. 21 Rozměry snímače GP2Y0D21YK0F (v mm) [Sharp, 2006]

V tab. č. 3 je vysvětleno zapojení jednotlivých pinů.

Tab. č. 3. Zapojení pinů [Sharp, 2006]

Označení pinu	Jméno signálu
1	V _O
2	GND
3	V _{CC}

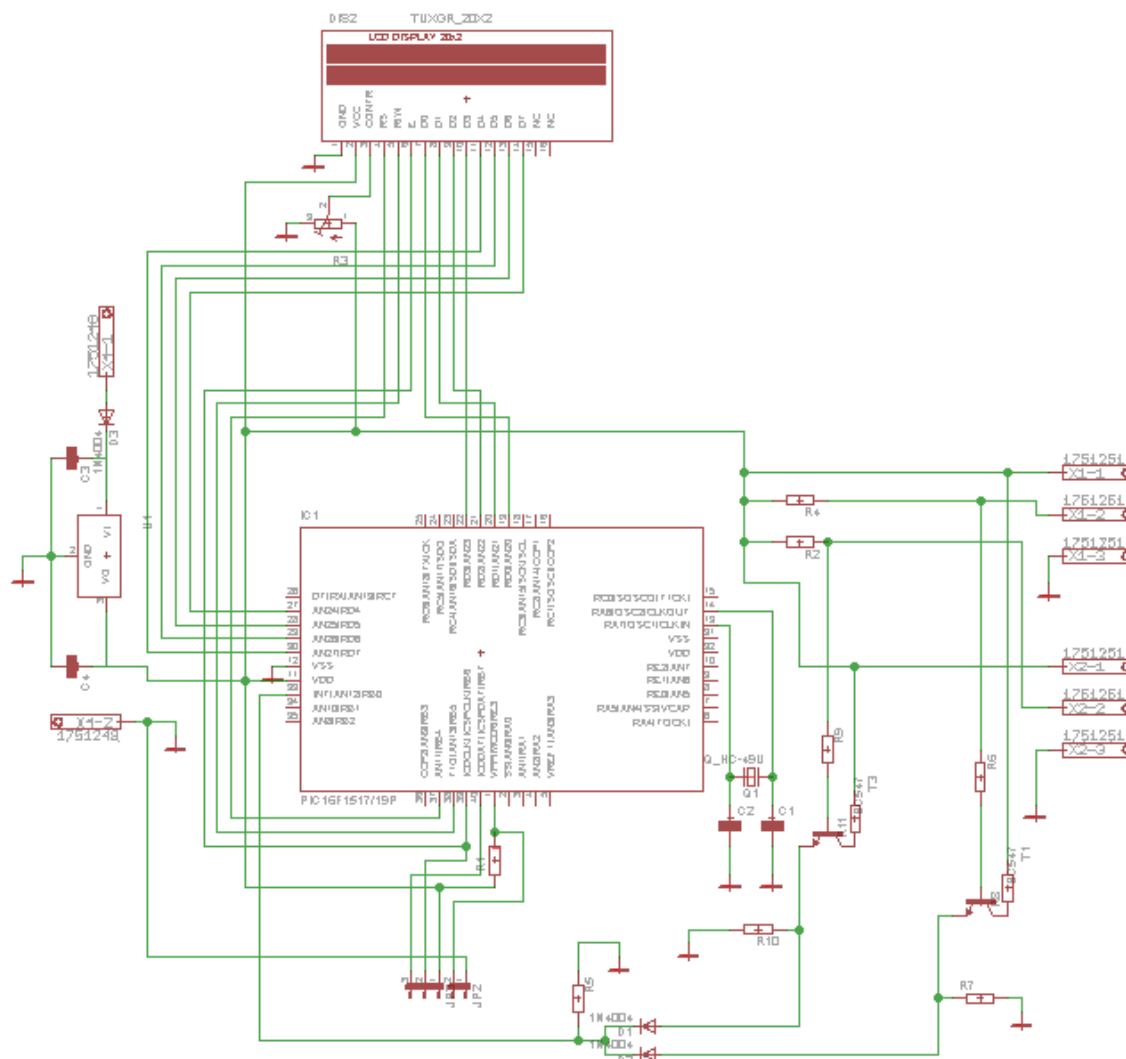
6.3 Blokový diagram



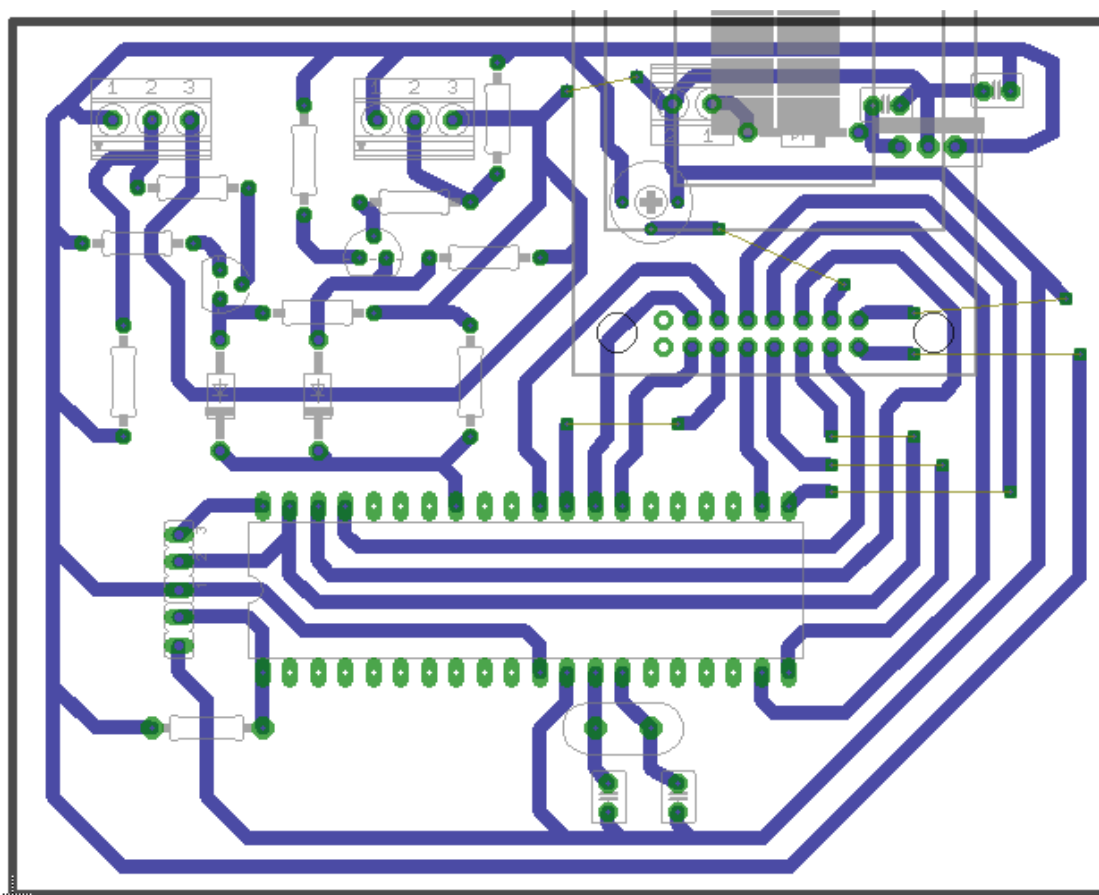
Obr. č. 22 Blokové schéma snímače GP2Y0D21YK0F [Sharp, 2006]

7 Deska plošných spojů

V programu Eagle 6.2.0 bylo navrženo zapojení jednotlivých komponent (obr. č. 23) a umístěno na desku o rozměrech 80 mm na 100 mm. Na obr. č. 24 je znázorněno umístění jednotlivých komponent a jejich vlastní propojení.



Obr. č. 23 Schéma zapojení komponent



Obr. č. 24 Deska plošných spojů - náčrtek

8 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval možnostmi měření dopadové rychlosti. Principů měření je samozřejmě více, ale po seznámení se s různými principy měření rychlosti, jsem zvolil princip se dvěma impulsy, které jsou generovány snímači. Zabýval jsem se tedy snímači, které by bylo možno použít. Podle zadaného kritéria firmou Brose, která požaduje, aby na snímáný objekt nebylo třeba nic montovat, jsem se uchýlil k použití optických snímačů.

Dále jsem zjišťoval možnosti zpracování vygenerovaných signálů, resp. odečtení časového intervalu mezi dvěma pulsy. Došel jsem k závěru, že nejlepším způsobem zjištění doby mezi dvěma pulsy bude použitím trigrovací úrovně. Jelikož signál je diskrétní, dochází k nepřesnostem měření. Proto jsem nastínil možnosti, jak zpřesnit měření. Je možné použít filtr, který náběžné hrany pulsů natáhne. Další možností zpřesnění je použití matematické interpolace. Získané poznatky o problému jsem aplikoval na typové úloze.

V praktické části práce jsem navrhoval samotné měřicí zařízení, tzn. jednotlivé prvky, které je nutné použít pro realizaci zařízení, a jejich propojení.

Nejprve jsem se seznámil s architekturou vybraného mikropočítače, pro který jsem vyvinul algoritmus, který zpracovává vygenerovaný impulsní signál, to znamená zjištění délky periody, přepočtení na rychlost a následné zobrazení na displeji. Při zjišťování doby mezi dvěma pulsy jsem použil funkci mikropočítače, takzvaného přerušení. Tento algoritmus jsem vytvářel a testoval na testovacím zařízení, které se skládalo z mikropočítače, displeje a obvodových prvků. Zařízení bylo zrealizováno na kontaktním poli. Pro toto testovací zařízení byl signál ze snímačů nahrazen pulzním generátorem, jemuž bylo možné měnit frekvenci pulsů.

Po prozkoumání nabídky na trhu jsem vybral konkrétní typ snímače, jenž je použit u výsledného zařízení, a uvedl jeho vlastnosti. Rozhodl jsem se pro optický snímač s vysílacím i přijímacím prvkem v jednom pouzdře.

Dále jsem navrhl zapojení komponent potřebných k realizaci zařízení a jejich umístění. Tento návrh jsem zrealizoval, to znamená, že jsem vytvořil desku plošných spojů a zvolenými komponentami ji osadil.

Veškeré části jsem umístil do upravené krabičky tak, aby měřicí zařízení bylo co nejmenší. Vyhotovený výrobek jsem otestoval a zhodnotil jeho přesnost.

V předchozích odstavcích jsem shrnul výsledky své práce, ze kterých je zřejmé splnění zadání bakalářské práce. Otestováním měřicího zařízení jsem potvrdil, že zařízení pracuje správně a měří rychlost v daném rozsahu a s danou přesností. Po předání měřicího zařízení firmě Brose, která téma navrhla, a jeho zavedení do provozu se ukáže, zda bylo navrženo tak, aby bylo možné jeho použití v průmyslové praxi.

Poděkování

Tímto děkuji prof. Ing. Jiřímu Tůmovi, CSc. za odborné vedení a konzultace při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Jaromíru Škutovi, Ph.D za pomoc a trpělivost při řešení některých problémů a své rodině a přátelům za podporu.

9 Seznam použité literatury

ASIX. *Presto - obrázky* [online]. 2010 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z:

http://www.asix.cz/prg_presto_images.htm

BILÍK, P. - ŽÍDEK, J. *Programování mikroprocesorových modulů*. 1. Vydání. Ostrava: Skripta VŠB-TU Ostrava, 1998, 106 s. ISBN 80-7078-492-X

ĎAĎO, S. - VEDRAL, J.: *Číslicové měření. Přístroje a metody* 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002. 232 s. ISBN 80-01-02492-X

FALT, Z. *Assembler* [online] 2004 [cit. 2012-31-01]. Dostupné z:

<<http://home.tiscali.cz/tedik/>>

FLÍDR, M. *Jednočipové mikropočítače (mikrokontroléry)* [online] 2006

[cit. 2012-15-01] Dostupné z:

<<http://vendulka.zcu.cz/Vyuka/POS/slides/2006/jednocipy.pdf>>

GM Electronic *TCST2103* [online] 2012 [cit. 2012-31-01]. Dostupné z:

<<http://www.gme.cz/>>

HOMOLA, V. *Interpolace a extrapolace v rovině* [online] 2002, [cit. 2011-05-11],

dostupné z: <<http://homel.vsb.cz/~hom50/SLBSTATS/IER/GS03.HTM>>

HUBENÁK, J. *Měření magnetické indukce* [online] 2004 [cit. 2011-12-10], dostupné z:

<http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_09/09_16_Hubenak.html>

KOTLÍN SNÍMAČE *Definice- Indukční snímače* [online] 2011 [cit. 2011-12-10],

dostupné z: <<http://www.kotlin.cz/cs/snimace/indukcni/definice-indukcni.html>>

KRČEK, B. - KREML, P. *Algoritmizace a programování v jazyku PASCAL*. Ostrava:

Skripta VŠB-TU Ostrava, 1998. 190 s. ISBN 80-7078-215-3

KREIDL, M. - ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*, BEN 2006, Praha, ISBN 80-7300-158-6

KUČERA, R. *Numerické metody* [online] 2003, [cit. 2011-06-11], dostupné z:

<<http://homel.vsb.cz/~kuc14/textyNM/kap5.pdf>>

MARTINEK, R. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura,

2008. 199 s. ISBN 80-7300-114-4

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. *PIC16F87XA: Data sheet* [online]. 2003

[cit. 2012-04-29]. Dostupné z:

<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>>

MIKROLEKTRONIKA. *MikroC: User's manual* [online]. 2003[cit. 2012-05-03].

Dostupné z: http://www.mikroe.com/pdf/mikroc/mikroc_manual.pdf

RIPKA, P. - ĎAŘO, S. - KREIDL, M. - NOVÁK, J.: *Senzory a převodníky* 1. vydání Praha: ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2005. 135 s. ISBN 80-01-03123-3.

SHARP. *GP2Y0D21YK0F: Data sheet* [online]. 2006 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0d1b/0900766b80d1bdd1.pdf>

ŠPRINGL, V. *Mikrokontroléry PIC* [online] 2011 [cit. 2012-15-01] Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/>

ŠKUTA, J. - MAREK, H. *Elektronické učební texty pro jednočipové procesory řady PIC* [online] 2006 [cit. 2012-15-01] Dostupné z:

<http://352lab.vsb.cz/ServerFinalVer/Marek/pic-html/index.htm>

TŮMA, J. *Diagnostika strojů* 1. vydání Ostrava: Skripta VŠB - TU Ostrava, 2009. 138 s. ISBN 978-80-248-2116-0

TŮMA, J. *Motor.sga* [online] [cit. 2011-11-25] Dostupné z:

<http://fs1.vsb.cz/~tum52/SignalAnalyser/>

TŮMA, J. *Signálové procesory firmy Analog Device rodiny ADSP-21xx* [online]

[cit. 2012-10-01] Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~tum52/download/ADSP2185.pdf>